

# مطالعه فرآیند الفین زدایی از هیدروکربن های آروماتیک به وسیله بسترهای بنتونیت فعال شده

جواد صفایی قمی\*، محسن محسن نیا و فریدون جوانشیرگیو

کاشان: دانشگاه کاشان، دانشکده علوم، گروه شیمی، کد پستی ۸۱۱۱۶۷-۸۱۳۱۷

**چکیده:** در این مقاله فرآیند الفین زدایی از هیدروکربن های آروماتیک (بنزن، تولوئن، زایلین ها) با استفاده از بسترهای بنتونیت فعال شده که در اصطلاح Clay نامیده می شوند مورد مطالعه قرار گرفته است. با این هدف که از نظر علمی جزئیات دقیق تری از چگونگی انجام این فرآیند، نوع واکنش ها و گستردگی مکانیسم های درگیر در آن روشن شده تا بتواند از لحاظ کاربردی برای صنایع آروماتیک پتروشیمی و دیگر کاربران این فرآیند مفید واقع گردد. به این منظور یک میکروراکتور آزمایشگاهی ساخته و فرآیند صنعتی به وسیله آن شبیه سازی شد. واکنش ها در فشار ۲۰۰ psi و در محدوده دمایی ۷۵ تا ۲۲۵ درجه سانتی گراد با استفاده از الفین های خطی و حلقوی انجام شدند. نتایج به دست آمده از مطالعات GC و GC/MS نشان داد که دمای بهینه عملیات ۱۵۰ تا ۱۷۵ درجه سانتی گراد می باشد و در این شرایط فرآیند به طور اساسی از طریق واکنش های آلکیلاسیون انجام می شود.

**واژه های کلیدی:** آروماتیک های پایه، الفین زدایی، تصفیه به وسیله Clay، بنتونیت، فعال سازی اسیدی.

**KEY WORDS:** BETX, Olefine removing, Clay treating, Bentonite, Acid activation.

## مقدمه

وجود الفین ها در ترکیب های آروماتیک (بنزن، تولوئن، زایلین ها)<sup>(۱)</sup> حتی در مقادیر بسیار کم می تواند این واسطه های ارزشمند سنتزهای آلی و پتروشیمیایی را فاقد ویژگی های مطلوب سازد، زیرا در شرایط به نسبت شدیدی که برای ادامه انجام واکنش های صنعتی برای آروماتیک ها لازم است الفین ها که واکنش پذیر تر از آروماتیک ها هستند کاتالیست ها را آلوده ساخته یا ایجاد فرآورده های جانبی ناخواسته می کنند. از طرفی از آنجا که میزان ترکیب های آروماتیک در نفت خام بسیار کمتر از نیازهای روزافزون صنعتی است این ترکیب های ارزشمند به وسیله فرآیند تبدیل کاتالیزوری ساخته می شوند. در چنین فرآیندی به طور اجتناب ناپذیر مقداری الفین نیز تولید می شود که البته

قسمت اعظم آن به وسیله عملیات تقطیر و استخراج با حلال جداسازی می شود ولی مقادیر جزئی الفین باقی می ماند که فرآیند الفین زدایی به وسیله بسترهای جامد، تنها روش اقتصادی حذف کامل آن می باشد [۱]. در این فرآیند مخلوط BETX دارای ناخالصی های غیر اشباع از روی بستر جامدی از بنتونیت فعال شده در فاز مایع (تا دمای ۲۲۵ درجه سانتی گراد و فشار ۲۰۰ PSI) عبور داده می شود و امکان انجام واکنش های بر پایه یون کربانیوم نظیر آلکیلاسیون، پلی مریزاسیون و جذب فراهم می شود [۱-۴]، اما ماهیت فرآیند به گونه ایست که در مورد میزان مشارکت هر کدام از مکانیسم های بالا اتفاق نظر وجود ندارد. زیرا از آنجا که میزان ناخالصی های اشباع نشده بسیار کم، اما

\* E-mail: <safaei@kashanu.ac.ir>

(۱) BETX

\*عهده دار مکاتبات

- ۲- مطالعه فرآیند الفین زدایی با استفاده از الفین های متفاوت از نظر ساختمانی.
- ۳- بررسی تغییرات احتمالی مکانیسم با تغییر دما یا تغییر نوع الفین.
- ۴- اندازه گیری بازده واکنش ها به صورت کمی و انتخاب شرایط بهینه دمایی.

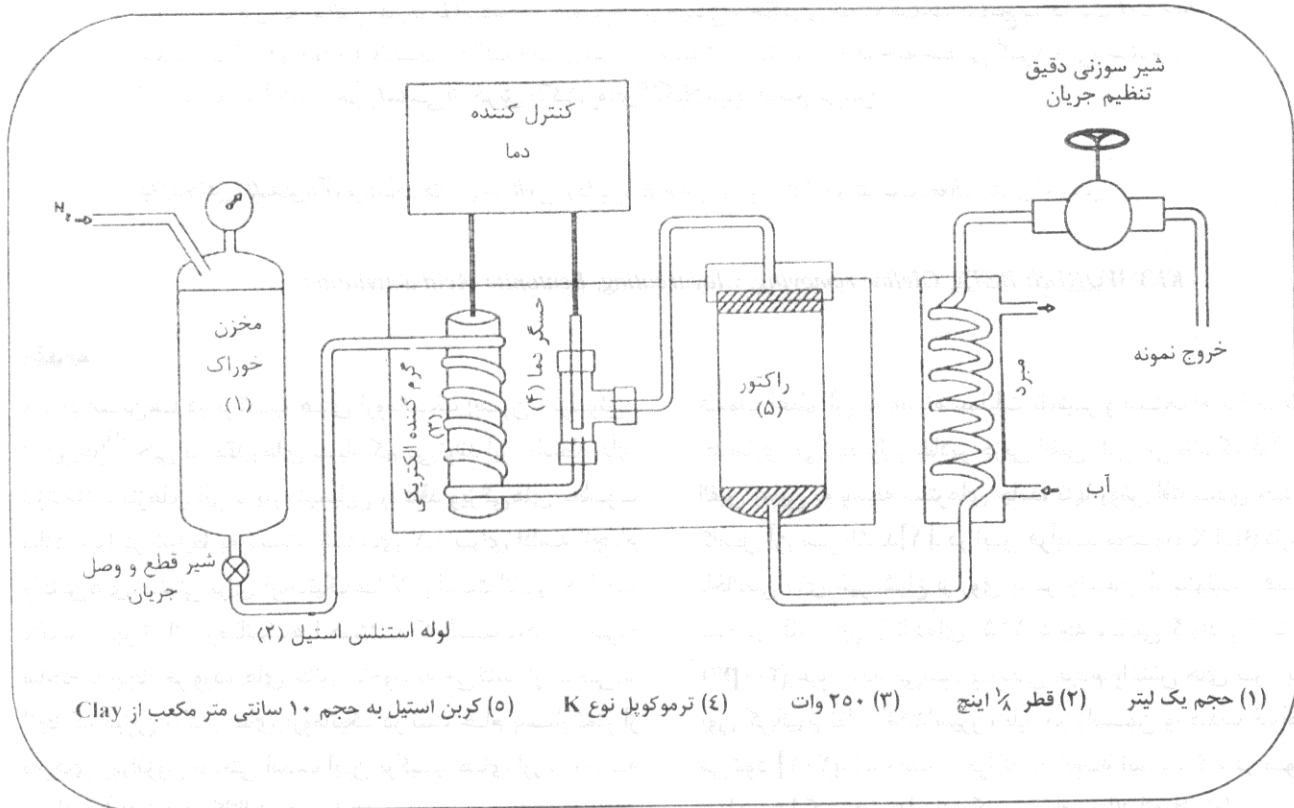
### بخش تجربی

برای شبیه سازی فرآیند مورد مطالعه یک راکتور آزمایشگاهی طراحی و ساخته شد که در شکل ۱ نشان داده شده است. برای ایجاد فشار در سیستم از اعمال فشار به وسیله گاز نیتروژن روی مخزن خوراک استفاده شد. همچنین برای کنترل و تنظیم جریان در خروجی سیستم یک شیر ویژه بسیار دقیق مورد استفاده قرار گرفت. برای کنترل دما نیز یک کنترل کننده خطی دما با دقت ۱ درجه سانتی گراد در محدوده دمایی ۰ تا ۵۰۰ درجه سانتی گراد طراحی شد.

تعداد آنها زیاد است امکان تعیین نوع الفین ها و فرآورده های مربوط به آن در شرایط معمول وجود ندارد. نتایج به دست آمده از مطالعات انجام شده در این زمینه نیز هم جهت نبوده و در مواردی ناقص یکدیگر هستند. درحالی که بعضی از محققان مکانیسم آلکیلاسیون الفین ها روی آروماتیک ها را گزارش کرده اند [۵]. بعضی دیگر پلی مریزه شدن الفین ها را تایید می کنند [۶، ۷]. از طرفی از دیدگاه کاربران صنعتی نیز از آنجا که چنین بسترهایی پس از مدتی غیر فعال شده و می باید تعویض شوند آنچه اتفاق می افتد به صورت یک فرآیند جذبی جلوه گر می شود [۸]. اشکال دیگری که در تحقیقات انجام شده به چشم می خورد این است که تحقیقات اغلب در شرایط بسیار محدودی انجام شده اند. برای مثال تنها از یک نوع الفین استفاده شده یا بررسی ها تنها در یک دما انجام شده اند.

بنابراین، باتوجه به آنچه که گفته شد این تحقیق هدف های ذیل را دنبال میکند:

- ۱- مطالعه فرآیند الفین زدایی در گستره ای از دما.



شکل ۱- راکتور آزمایشگاهی ساخته شده

تشکیل دو محصول را در زمان‌های بازدارمی  $t_R = 27/97$  و  $28/14$  نشان می‌دهد. طیف جرمی این دو ترکیب مشابه بوده و به صورت زیر است:

$MS: m/z$  (درصد شدت نسبی)  $(100)$ ،  $(75, M)$ ،  $(174)$ ،  $(45)$ ،  $(105)$ .

این داده‌ها دلالت بر استخلاف گروه سیکلوهگزیل در دو موقعیت محتمل تر اورتو و پارا و تشکیل سیکلوهگزیل تولوئن دارد. لذا واکنش آلکیل‌اسون واکنش غالب و قابل ملاحظه‌ای است که در سیستم الفین حلقوی/تولوئن در این شرایط انجام می‌شود. در دمای بالاتر از  $175$  درجه سانتی‌گراد یک بیک در  $t_R = 4/08$  در ناحیه مربوط به هیدروکربن‌های غیر آروماتیک شش‌گانه ظاهر می‌شود که تجزیه طیف جرمی آن نشان می‌دهد این ترکیب میل سیکلو پنهان است. تشکیل این ترکیب را می‌توان به شدت یافتن واکنش‌های کراکنگ در دماهای بالا و شکست مولکول سیکلو هگزیل و انجام نوارایی نسبت داد.

### ب) سیستم ۱-اکتن / تولوئن (الفین زنجیری)

تفسیر کروماتوگرام‌ها در این سیستم به علت فراوانی فرآورده‌ها از پیچیدگی بیشتری برخوردار است. هنگامی که الفین خطی از بستر کاتالیزور اسیدی Clay عبور می‌کند از دو طریق می‌تواند به کاتیون تبدیل شود، یا جذب  $H^+$  از یک مکان اسیدی بروششد ( $-Si-OH$ )، یا اتصال پیوند دو گانه به یک مکان اسیدی لوئیس ( $-Si^-$ )، در روش اول کربوکاتیون تشکیل شده می‌تواند از طریق جابه‌جایی  $H^+$  به فرم‌های پایدارتر نوارایی کند. لذا کربوکاتیون‌های تشکیل شده به این طریق از نوع دوم خواهند بود. در روش دوم نیز اتصال به بستر کاتالیزور می‌تواند از هر کدام از دو سر پیوند دوگانه انجام شود. البته در این مورد نیز اتصال بیشتر به گونه‌ای انجام خواهد شد که کربوکاتیون پایدارتر ایجاد شود. لذا با این روش نیز بیشتر کربوکاتیون‌های نوع دوم ایجاد شده و به شکل‌های نوع دوم دیگر نوع آرایایی خواهد کرد. اما باید توجه داشت که در این مورد شانس تشکیل فرآورده‌هایی از کربوکاتیون نوع اول هم وجود خواهد داشت و اتصال به بستر کاتالیزور تا اندازه‌ای این نوع کربوکاتیون را نیز پایدار خواهد کرد، زیرا اگر انتقال هیدروژن صورت گیرد بار مثبت روی کربنی قرار خواهد

اندازه‌گیری دما به تقلید از عملیات صنعتی از خوراک ورودی به راکتور به وسیله یک ترموکوپل که با طراحی ویژه‌ای در مسیر جریان تحت فشار نصب شده بود اندازه‌گیری شد. این نوع اندازه‌گیری دما نسبت به مطالعات مشابه که به طور معمول با فرار دادن راکتور در حمام روغن انجام می‌شود، بسیار به شرایط واقعی نزدیک‌تر است. همه آزمایش‌ها به‌طور یکسان در  $LHSV = 25 \text{ hr}^{-1}$  و فشار  $300 \text{ psi}$  در هفت دمای متفاوت و برای دو سیستم الفین حلقوی (سیکلو هگزین) و الفین خطی (۱-اکتن) انجام شدند و اجازه داده شد که سیستم به تعادل گرمایی برسد. پس از گذشت بیست دقیقه،  $100$  میلی‌لیتر از خروجی سیستم به عنوان نمونه مربوط به آن دما جمع‌آوری شد.

### دستگاه‌ها

گاز کروماتوگراف (GC)

Instrument: Crompac CP-9001

Column:  $60 \text{ m} \times 0.32 \text{ mm}$  CP-Wax  $52CB$ ,  $df=0.5 \mu\text{m}$

Technique: GC-Capillary

Temperature:  $50^\circ\text{C}(\text{min}) \rightarrow 210^\circ\text{C}$ ,  $10^\circ\text{C}/\text{min}$

Carrier gas:  $\text{H}_2$ ,  $50 \text{ kPa}$

Injector: Splitter  $100 \text{ ml}/\text{min}$ ,  $T=230^\circ\text{C}$

Sample size:  $0.2 \mu\text{l}$

آنالیز جرمی (GC/MS): TRIO 1000

### روش آزمایش

همه آزمایش‌ها به‌طور یکسان در فشار  $300 \text{ psi}$  و  $LHSV = 25 \text{ hr}^{-1}$  با استفاده از خوراک‌های متشکل از الفین حلقوی سیکلوهگزین در تولوئن و الفین خطی ۱-اکتن در تولوئن انجام و از خروجی راکتور آزمایشگاهی نمونه‌گیری شد. سپس به یک بالن روزه  $50$  میلی‌لیتری از نمونه مربوط به هر دما  $0.5 \mu\text{l}$  از Undecane به عنوان استاندارد داخلی افزوده شده و به وسیله GC تجزیه شد. نتایج کمی به دست آمده در جدول‌های ۱ و ۲ خلاصه شده‌اند. شناسایی ترکیب‌های تشکیل شده به وسیله GC/MS انجام شد.

### نتایج و بحث

#### الف) سیستم سیکلو هگزین / تولوئن (الفین حلقوی)

تجزیه GC نمونه مربوط به دمای  $175$  درجه سانتی‌گراد

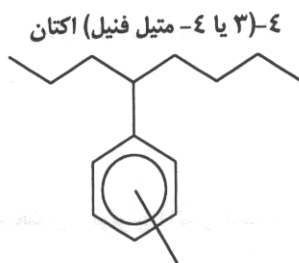
می رود فرآورده های واکنش، بیشتر از کربوکاتیون های پایدارتر نوع دوم B,C,D,F,G,H حاصل شوند تا از کربوکاتیون ناپایدار نوع A. با توجه به اینکه سه کربوکاتیون نوع دوم وجود دارد که هر کدام می توانند در دو شکل مختلف تر ایزومری اورتو و پارا استخلاف شوند، انتظار می رود شش محصول اصلی تولید شود. بررسی کروماتوگرام های GC در دماهای مختلف نشان می دهد که در دماهای بالاتر از ۱۷۵ درجه سانتی گراد شش فرآورده اصلی مطابق آنچه انتظار می رود وجود دارد. تجزیه GC/MS فرآورده های به دست آمده نشان می دهد که طیف های Mass دو به دو به هم شبیه بوده و مربوط به ایزومرهای پارا و متای یک ترکیب می باشند که تجزیه جرمی نمی تواند تفاوت آنها را تشخیص دهد. در همه این طیف ها پیک های شاخص سیستم آروماتیک، و پیک جرم مولکولی منطبق بر متیل فنیل اکتان به وضوح دیده می شود که دلالت بر انجام واکنش آلکیلاسیون دارد. خوشبختانه با توجه به این که آلکیل بنزن های خطی به عنوان ماده اولیه شوینده ها مورد توجه محققان بوده اند، کار های اساسی زیادی در زمینه تجزیه آن ها صورت گرفته است. به عنوان مثال کوالی و همکارانش مطالعات جامعی در این زمینه انجام داده اند [۸]. براساس این مشاهده ها نتیجه های تجزیه GC و Mass

آلکیل آروماتیک های موضوع این پروژه به صورت زیر تفسیر می شوند. [۹]

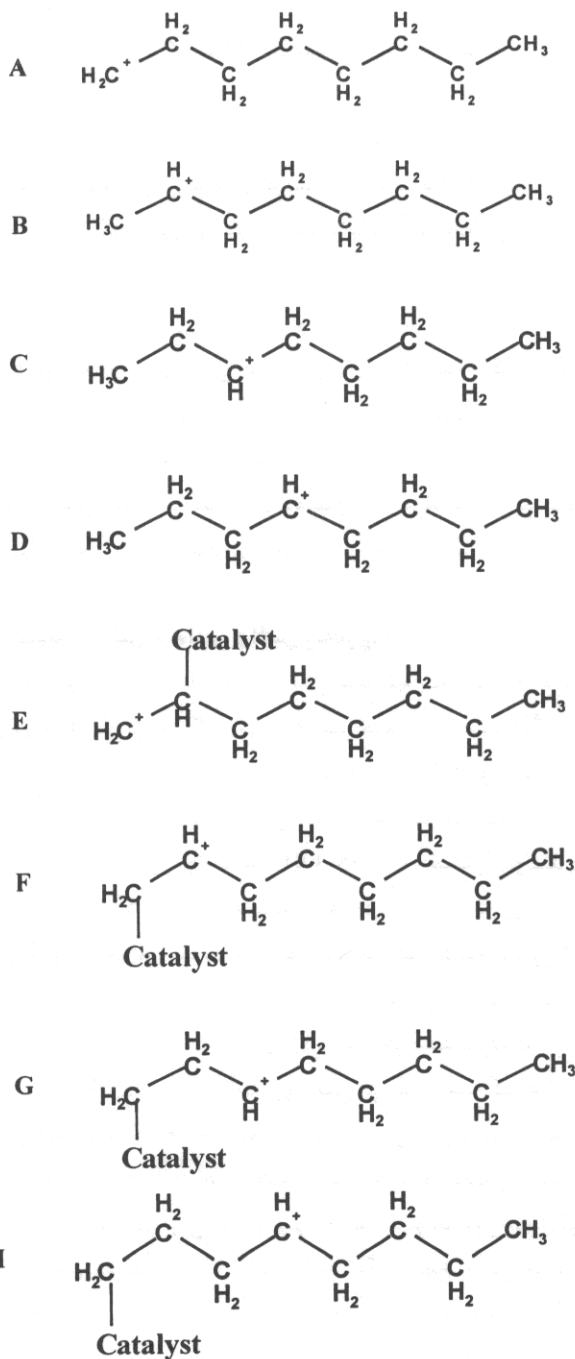
- طیف های Mass مربوط به پیک های ۳۷ / ۲۵  $t_R$  و ۸۲ / ۲۵  $t_R$  مشابه بوده و به صورت زیر است :

MS: m/z (درصد شدت نسبی)، ۱۰۵ (۱۰۰)، ۲۰۴ (۱۱،  $M^+$ ), ۱۴۷ (۱۵)، ۱۶۱ (۱۲).

لذا واضح است که گروه فنیل روی  $C_+$  استخلاف شده است و طیف ها مربوط به ترکیبات زیر می باشند:



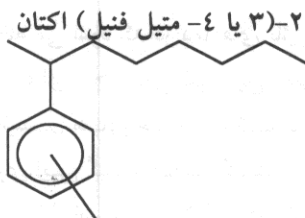
گرفت که متصل به اسید لوویس است که این حالت یک وضعیت نامناسب می باشد. لذا با توجه به ملاحظاتی که ذکر شد امکان تشکیل کربوکاتیون های زیر وجود دارد:



بدیهی است زوج کربوکاتیون های A,E, B,F, C,G, D,H فرآورده های مشابهی ایجاد خواهند کرد و انتظار

جدول ۱- نتایج خلاصه شده تجزیه نمونه ها در سیستم تولوئن/سیکلو هگزن (با استفاده از خوراک ۴/۸۷ wt% سیکلو هگزن در تولوئن)

درجه سانتی گراد/دما	۷۵	۱۰۰	۱۲۵	۱۵۰	۱۷۵	۲۰۰	۲۲۵
ترکیب / wt%							
میزان الفین(سیکلو هگزن)	۴/۵۶	۳/۳۳	۰/۹۷	۰/۰۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
جمع فرآورده های آلکیلاسیون	۰/۲۹	۲/۵۲	۶/۹۰	۸/۸۱	۸/۲۰	۵/۴۸	۴/۳۵
الفین مصرفی آلکیلاسیون	۰/۱۳	۱/۱۹	۳/۲۵	۴/۱۵	۳/۸۶	۲/۵۹	۲/۰۵
الفین حذف شده از خوراک	۰/۳۷	۱/۵۴	۳/۹۰	۴/۷۸	۴/۸۷	۴/۸۷	۴/۸۷
الفین جذب شده در کاتالیست	۰/۲۴	۰/۳۶	۰/۶۵	۰/۶۴			
در صد الفین کاهش یافته	۷/۶۷	۳۱/۶۷	۸۰/۰۲	۹۸/۲۷	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰
درصد الفین آلکیله شده	۳۵/۸۰	۷۶/۸۹	۸۳/۴۲	۸۶/۷۲	۷۹/۳۱	۵۳/۰۰	۴۲/۰۵
درصد الفین جذب شده	۶۴/۱۹	۲۳/۱۱	۱۶/۵۸	۱۳/۲۸			



**بحث و تفسیر نتایج**

نتایج تجزیه هفت نمونه مربوط به مخلوط سیکلو هگزن / تولوئن (نمونه های گرفته شده از خروجی راکتور آزمایشگاهی در هفت دمای مورد بررسی) در جدول ۱ و به روش مشابهی نتایج تجزیه هفت نمونه مربوط به مخلوط ۱-اکتن / تولوئن نیز در جدول ۲ خلاصه شده اند.

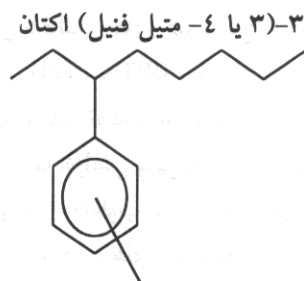
در شکل ۲ اعداد سه ردیف آخر جدول ۱ و در شکل ۳ اعداد سه ردیف آخر جدول ۲ به صورت نموداری نشان داده شده اند. همان طور که ملاحظه می شود رفتار مشابهی را از هر دو سیستم الفین حلقوی (سیکلو هگزن) و الفین غیر حلقوی (۱-اکتن) در فرآیند الفین زدایی می توان مشاهده کرد.

بررسی جدول ها و نمودارهای مربوط نشان می دهد که در هر دو سیستم در دماهای کم، بازده فرآیند (که با میزان کاهش الفین مشخص می شود) کم بوده و با افزایش دما افزایش می یابد.

- طیف های Mass مربوط به پیک های  $t_R = 25/64$  و  $t_R = 26/05$  مشابه بوده و به صورت زیر است:

MS: m/z (درصد شدت نسبی),  $204(11, M^+)$ ,  $105(100)$ ,  $133(41)$ ,  $175(15)$ .

مشخص است که گروه فنیل روی  $C_7$  استخلاف شده و طیف ها مربوط به ترکیبات زیر می باشند:



- طیف های Mass مربوط به پیک های  $t_R = 26/62$  و  $t_R = 26/93$  مشابه بوده و به صورت زیر است:

MS: m/z (درصد شدت نسبی),  $204(11, M^+)$ ,  $119(100)$ ,  $105(20)$ .

بدیهی است که گروه فنیل روی  $C_7$  استخلاف شده و طیف ها مربوط به ترکیبات زیر می باشند:

جدول ۲- نتایج خلاصه شده تجزیه نمونه ها در سیستم تولوئن/۱-اکتن (با استفاده از خوراک wt% ۴/۰۸ -۱-اکتن در تولوئن)

درجه سانتی گراد / دما	۷۵	۱۰۰	۱۲۵	۱۵۰	۱۷۵	۲۰۰	۲۲۵
wt% / ترکیب							
میزان الفین (۱-اکتن)	۳/۹۰	۳/۱۶	۱/۲۱	۰/۰۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
جمع فرآورده های آلکیلاسیون	۰/۰۰	۰/۸۵	۳/۹۴	۷/۰۱	۶/۵۱	۴/۲۴	۳/۰۳
الفین مصرفی آلکیلاسیون	۰/۰۰	۰/۴۷	۲/۱۶	۳/۸۵	۳/۵۸	۲/۳۳	۱/۶۶
الفین حذف شده از خوراک	۰/۱۸	۰/۹۲	۲/۸۷	۴/۰۳	۴/۰۸	۴/۰۸	۴/۰۸
الفین جذب شده در کاتالیست	۰/۱۸	۰/۴۵	۰/۷۰	۰/۱۸			
درصد الفین کاهش یافته	۴/۳۷	۲۲/۵۰	۷۰/۲۴	۹۸/۸۰	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰
درصد الفین آلکیله شده	۰/۰۰	۵۰/۶۷	۷۵/۵۰	۹۵/۴۴	۸۷/۶۱	۵۷/۰۶	۴۰/۷۳
درصد الفین جذب شده	۱۰۰/۰۰	۴۹/۳۳	۲۴/۵۰	۴/۵۶			

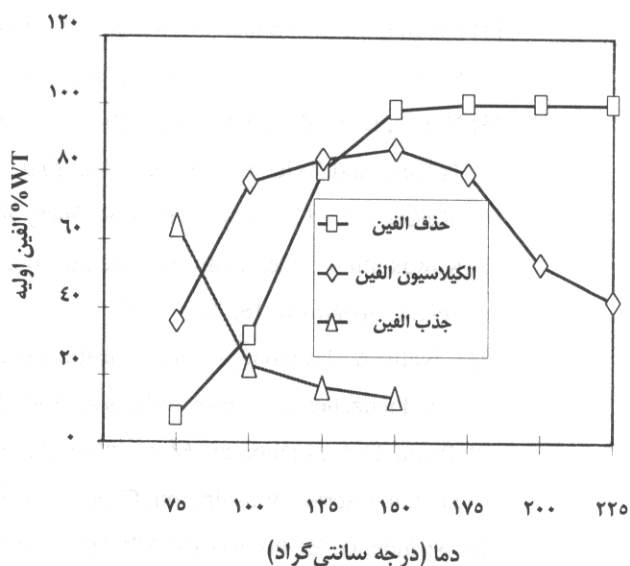
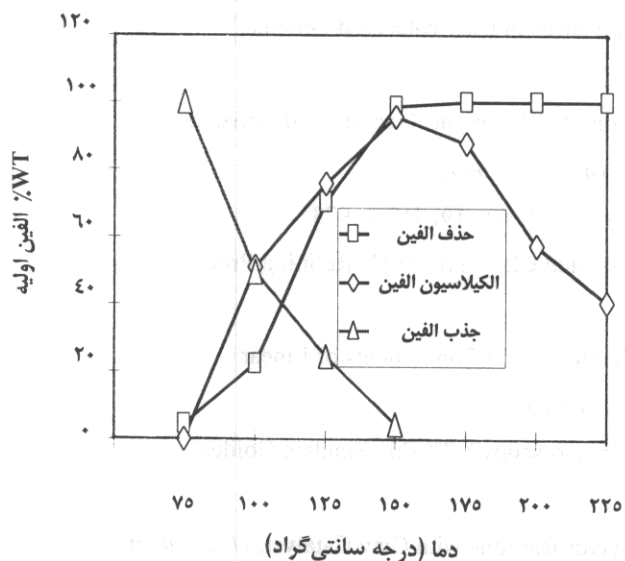
می شود، اما باید توجه داشت که افزایش بیش از حد دما به واسطه شدت یافتن واکنش های کراکینگ، نتیجه های نامطلوبی در بر خواهد داشت. همان طور که تجزیه نمونه ها نشان می دهند در دماهای بالاتر از ۱۷۵ درجه سانتی گراد از میزان محصولات آلکیلاسیون کاسته شده و ترکیب های جانبی ناخواسته شامل ترکیب های سبک و سنگین تشکیل می شوند. این عمل از کارایی فرایند الفین زدایی خواهد کاست زیرا موفقیت این فرایند وابسته به تبدیل ناخالصی های غیر اشباع دارای نقطه جوش در محدوده برش آروماتیک BETX به ترکیب های سنگین تری است که با عملیات تقطیر از برش آروماتیک BETX قابل جداسازی باشند. لذا افزایش بیش از حد دما ضمن آنکه از نظر مصرف انرژی بیشتر نامطلوب است، باعث شکست آروماتیک های آلکیله و حتی خود ترکیب های آروماتیک شده، در نتیجه عامل ناخالص تر شدن و حتی مصرف برش آروماتیک BETX خواهد شد.

### نتیجه گیری نهایی

۱- در فرایند الفین زدایی از هیدرو کربن های آروماتیک به وسیله بستر های بنتونیت فعال شده، الفین ها و دیگر ترکیب های غیر اشباع با انجام واکنش های آلکیلاسیون به ترکیب های آروماتیک

همچنین ملاحظه می شود که در دما های پائین به ازای کاهش الفین هیچ فرآورده ای ایجاد نمی شود. این موضوع نشان می دهد که تنها مکانیسم های جذبی درگیر بوده و با توجه به برگشت ناپذیری این گونه جذب، کاهش سریع طول عمر بستر Clay قابل انتظار است. با بالا رفتن دما ضمن افزایش قابل ملاحظه بازده فرایند، فرآورده های تشکیل شده بر اساس آنچه تجزیه نمونه ها نشان می دهند در هر دو مورد الفین حلقوی و خطی، فرآورده های آلکیلاسیون هستند. نکته قابل ملاحظه در اینجا عدم مشاهده فرآورده های ناشی از پلی مریزاسیون و یا حداقل دیمراهی الفین مربوطه است.

از آنجا که در این مطالعه غلظت الفین ها بسیار بیشتر از شرایط واقعی است و نسبت به غلظت الفین، واکنش آلکیلاسیون از درجه یک، و واکنش پلی مریزاسیون از درجه دو تا n است، بنابراین در شرایط واقعی نیز امکان تشکیل و مشاهده ترکیب های منتج از پلی مریزاسیون وجود نخواهد داشت. در حقیقت رفتار مشاهده شده از این بستر های اسیدی در این مورد شبیه رفتار اسیدهای معمولی مانند HF و H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> در فرایندهای آلکیلاسیون مشابه (مانند سنتز LAB) است [۱۱، ۱۰]. با افزایش دما اگر چه از مشارکت مکانیسم های جذبی کاسته شده و فرایند به طور انحصاری از طریق انجام واکنش های آلکیلاسیون با بازده بسیار خوب انجام



شکل ۳- نمودار مقایسه ای مکانسیم های درگیر در فرآیند الفین زادایی (تولون / ۱-اکت)

شکل ۲- نمودار مقایسه ای مکانسیم های درگیر در فرآیند الفین زادایی (تولون / سیکلوهگزین)

۵- اگر این فرآیند در دمای خیلی زیاد (بیشتر از ۱۷۵ درجه سانتی گراد برای خوراک ورودی) انجام شود بر اثر شدت یافتن واکنش های کراکینگ ترکیب های جانبی ناخواسته ایجاد می شوند. این ترکیب ها باعث آلودگی بیشتر مخلوط آروماتیک ها شده، همچنین مقداری از آروماتیک ها نیز تخریب خواهند شد.  
 ۶- بهترین گستره دمایی انجام این فرآیند محدوده ۱۷۰ تا ۱۵۰ درجه سانتی گراد برای خوراک ورودی است که بازده فرآیند و واکنش های آلکیلاسیون در حد اکثر مقدار خود هستند.

افزوده شده و آرن های حاصل در مراحل تقطیر بعد که به منظور جداسازی آروماتیک ها از یکدیگر انجام می شوند حذف می شوند.  
 ۲- در این فرآیند الفین های حلقوی و غیر حلقوی رفتار تقریباً مشابهی دارند.  
 ۳- علی رغم اشاراتی که در برخی منابع مبنی بر انجام واکنش پلی مریزاسیون الفین ها وجود دارد، این مطالعه نشان می دهد که پلی مریزاسیون صورت نگرفته و حتی دیمرهای الفین ها نیز در خروجی فرآیند مشاهده نمی شوند.  
 ۴- اگر این فرآیند در دمای پایین (کمتر از ۱۵۰ درجه سانتی گراد برای خوراک ورودی) انجام شود الفین ها به صورت برگشت ناپذیر جذب بستر شده و مواضع فعال آن را اشغال خواهند کرد. این عمل به نوبه خود طول عمر مفید استفاده از بستر را به شدت کاهش خواهد داد.

تاریخ دریافت: ۱۰/۵/۲۳، تاریخ پذیرش: ۸/۹/۳

مراجع

[1] UOP Inc., "Shell Sulfolane Technology Manual", Universal Oil Product, New York, Chap. 10, (1990).  
 [2] Balogh, M. and Laszlo, P., "Organic Chemistry Using Clays", Springer Verlag, Berlin (1993).  
 [3] Izumi, Y., Urabe, K. and Onaka, M., "Zeolite, Clays and Heteropoly Acid in Organic Reactions", VCH Publishers, Inc., New York, Chap. 3, (1992).

- [4] Nikalje, M. D., Phukan, P., Sudalai, A. "Recent Advances in Clay-catalyzed Organic Reactions", *Org. Prep. Proc. Int.* **32**, 1, (2000).
- [5] Novak, L. T., Petratis, K. F., Laboratory Evaluation of Clays in the Treatment of Benzene , Toluene and Xylene Feedstock , *Ind. Eng. Chem.*, **10**, 1567 (1989).
- [6] Reidel, J. C., Capacity of BTX Refinery Annually, *Oil Gas J.*, **19**, 417, (1973).
- [7] Kawakami, H., Teramoto, K., The Function of Activated Clay in the BTX Refining Process, *Sekiyu Gakkaishi*, **15**, 763, (1972).
- [8] Cavalli, A., Landone, A., Identification and Elucidation of the Components of Linear Alkylbenzenes , *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, **57**, 703, (1976).
- [9] Pavia, D. L., Lampman, M. G., "Introduction to Spectroscopy", 2<sup>nd</sup> Ed., Sunders Golden Sunburst Series, Washington, Chap. 7 (1996).
- [10] Stridde, G. E., Process for Alkylating Aromatic Hydrocarbons with Clay Catalyst, *U.S. Patent 4,046,826*, (1977).
- [11] Fritsch, T. R., Steven, F., Dennis, E., Alkylaromatic Process using a Solid Alkylation Catalyst, *U.S. Patent 6,069,285* ,(2000) .